

明 細 書

露光装置及びデバイスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、高集積半導体回路素子の製造のためのリソグラフィ工程のうち、転写工程で用いられる露光装置に関する技術である。

本願は、2004年2月19日に出願された特願2004-43114号に対し優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。

近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が多いほど高くなる。そのため、露光装置で用いられる露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度 R_e 、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \cdots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \cdots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、 NA は投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。式(1)、(2)より、解像度 R_e を高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数 NA を大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

[0003] 焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させる

ことが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常1.2〜1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、下記パンフレットの開示を援用して本明細書の一部とする。

特許文献1: 国際公開第99/49504号パンフレット

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] ところで、上述した液浸露光装置では、投影光学系の下面と基板表面との間に液体を配置するため、基板周辺の湿度が変動しやすくなり、これにより基板位置を計測するレーザ干渉計からの測長光の波長が揺いで、計測誤差が発生してしまうという問題がある。

特に、基板を保持する2つのテーブルを備え、露光を行う領域とアライメント処理を行う領域とを移動する所謂ツインステージタイプの露光装置においては、アライメント処理領域でのレーザ干渉計の計測誤差の発生を防止することが求められる。

- [0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、液浸露光装置において、基板位置計測用の測長光の揺ぎを防止して、計測誤差の発生を抑制することができる露光装置及びデバイスの製造方法を提案することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明に係る露光装置及びデバイスの製造方法では、上記課題を解決するために以下の手段を採用した。

第1の発明は、光学系(30)と液体(LQ)とを介して基板(W)に露光光(EL)を照射する露光領域(E)と、露光に先立って基板(W)の位置に関する情報を取得する計測領域(A)と、を有し、露光領域(E)と計測領域(A)との間で基板(W)を移動させて、基板(W)の露光を行う露光装置(EX)において、露光領域(E)の周辺の気体(G)が

計測領域(A)に侵入することを防止する侵入遮断機構(60)を備えるようにした。この発明によれば、湿度が変動しやすい露光領域周辺の気体が計測領域に侵入しないので、計測領域におけるレーザ干渉計による基板位置計測を正確に行うことができる。

[0007] また、侵入遮断機構(60)が、露光装置(EX)に設けられた空調系(60)であるものでは、特別な装置を新たに設ける必要がないので、装置コストの上昇を抑えることができる。

また、空調系(60)が、露光領域(E)と計測領域(A)とを含むチャンバ(61)と、チャンバ内の気体(G)を計測領域(A)から露光領域(E)に向けて流す送風部(65)を備えるものでは、露光領域の周辺の気体が計測領域に移動することが殆どなくなるので、計測領域におけるレーザ干渉計による基板位置の精度を確実に向上させることができる。

また、送風部(65)が、計測領域(A)側に形成された給気口(63)と、露光領域(E)側に形成された排気口(64)とを備えるものでは、給気口からチャンバ内に供給する気体を、計測領域から露光領域、そして排気口に向けて流すことができるので、湿度等が調整された気体を常に計測領域に供給することができ、更に湿度が上がった気体を計測領域に流すことなくチャンバ外に排気するので、計測領域におけるレーザ干渉計による基板位置の精度を確実に向上させることができる。

また、空調系(60)が、露光領域(E)と計測領域(A)との間に、気体(G)の通過を防止する遮断部(67)を備えるものでは、露光領域の周辺の気体が計測領域に移動することを確実に防止することができる。

また、遮断部(67)が、エアーカーテン(68)であるものでは、チャンバ内の構成要素(例えば基板ステージ等)の形状変更等を必要とせず、また、容易に遮断部を形成することができるので、装置コストの上昇を抑えることができる。

また、露光領域(E)と計測領域(A)のそれぞれに、給気口(63)と排気口(64)が形成されるものでは、露光領域の周辺の気体と計測領域の周辺の気体とが殆ど交わることがないので、互いに影響されことなく各領域の気体を所望の条件に維持することができる。

また、本発明の異なる態様の露光装置(EX)は、光学系(30)と液体(L)とを介して基板(W)に露光光(EL)を照射する露光領域(E)と、露光に先立って基板(W)の位置に関する情報を取得する計測領域(A)と、を有し、露光領域(E)と計測領域(A)との間で基板(W)を移動させて、基板(W)の露光を行う露光装置において、露光領域(E)と計測領域(A)のそれぞれに対して個別に気体(G)を供給する給気部(63)を備えるようにした。

また、さらに異なる態様の露光装置では、光学系(30)と液体(L)とを介して基板(W)に露光光(EL)を照射する露光領域(E)と、露光に先立って基板(W)の位置に関する情報を取得する計測領域(A)と、を有し、露光領域(E)と計測領域(A)との間で基板(W)を移動させて、基板(W)の露光を行う露光装置において、露光領域(E)と計測領域(A)の少なくとも一方に対して気体(G)を供給する給気部(63)と、露光領域(E)周辺の気体(G)と計測領域(A)周辺の気体(G)とをそれぞれ独立して排出する排気部(64)とを備えるようにした。

- [0008] 第2の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、リソグラフィ工程において第1の発明の露光装置(EX)を用いるようにした。この発明によれば、基板のアライメント精度が向上して、露光領域におけるパターン露光が良好に行われるので、高品質のデバイスを製造することができる。

発明の効果

- [0009] 本発明によれば以下の効果を得ることができる。

第1の発明では、計測領域におけるレーザ干渉計による基板位置計測を正確に行うことができるので、基板のアライメント精度が向上し、露光領域におけるパターン露光を良好に行うことが可能となる。

- [0010] 第2の発明では、高品質のデバイスを安定かつ低コストに製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]露光装置EXの構成を示す模式図
[図2]ウェハステージシステム100の詳細を示す図
[図3]ウェハステージシステム100の詳細を示す図
[図4]空調系60を示す平面図

[図5]空調系60の変形例を示す図

[図6A]空調系60の変形例を示す図

[図6B]空調系60の変形例を示す図

[図7]空調系60の変形例を示す図

[図8]半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図

符号の説明

[0012] 30 投影光学系 60 空調系(侵入遮断機構) 61 チャンバ 63 供給口 64 排気口 65 送風機(送風部) 67 遮断板(遮断部) 68 エアーカーテン A アライメント領域(計測領域) E 露光領域 L 液体 G 気体 W ウエハ(基板) EL 露光光 EX 露光装置

発明を実施するための最良の形態

[0013] 以下、本発明の露光装置及びデバイスの製造方法の実施形態について図を参照して説明する。図1は、本発明の露光装置の構成を示す模式図である。

露光装置EXは、レチクルRとウエハWとを一次元方向に同期移動しつつ、レチクルRに形成されたパターンを投影光学系30を介してウエハW上の各ショット領域に転写するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャンング・ステッパである。

そして、露光装置EXは、露光光ELによりレチクルRを照明する照明光学系10、レチクルRを保持するレチクルステージ20、レチクルRから射出される露光光ELをウエハW上に投射する投影光学系30、ウエハWを保持するウエハステージシステム100、露光装置EXを統括的に制御する制御装置50、ウエハステージシステム100等の周辺の気体Gを管理する空調系60等を備える。

なお、以下の説明において、投影光学系30の光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でレチクルRとウエハWとの同期移動方向(走査方向)をY軸方向、Z軸方向及びY軸方向に垂直な方向(非走査方向)をX軸方向とする。更に、X軸、Y軸、及びZ軸まわり方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。

[0014] また、露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、ウエハ

W上に液体Lを供給する液体供給装置81とウェハW上の液体を回収する液体回収装置82とを備える。

なお、本実施形態において、液体Lには純水が用いられる。純水は、例えば、水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)等の真空紫外光(VUV光)を透過可能である。

[0015] 照明光学系10は、レチクルステージ20に支持されているレチクルRを露光光ELで照明するものであり、露光用光源5、露光用光源5から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるレチクルR上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等(いずれ不図示)を有している。

そして、光源5から射出されたレーザビームは、照明光学系10に入射され、レーザビームの断面形状がスリット状又は矩形状(多角形)に整形されるとともに照度分布がほぼ均一な照明光(露光光)ELとなってレチクルR上に照射される。

なお、照明光学系10から射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)や、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF₂レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

[0016] レチクルステージ20は、レチクルRを支持しつつ、投影光学系30の光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内の2次元移動及び θ Z方向の微小回転を行うものであって、レチクルRを保持するレチクル微動ステージと、レチクル微動ステージと一体に走査方向であるY軸方向に所定ストロークで移動可能なレチクル粗動ステージと、これらを移動させるリニアモータ等(いずれも不図示)を備える。そして、レチクル微動ステージには、矩形開口が形成されており、開口周辺部に設けられたレチクル吸着機構によりレチクルが真空吸着等により保持される。

レチクルステージ20(レチクル微動ステージ)上には移動鏡21が設けられる。また、移動鏡21に対向する位置にはレーザ干渉計22が設けられる。そして、レチクルステ

ージ20上のレチクルRの2次元方向の位置及び回転角は、レーザ干渉計22によりリアルタイムで計測され、その計測結果は制御装置50に出力される。そして、制御装置50がレーザ干渉計22の計測結果に基づいてリニアモータ等を駆動することで、レチクルステージ20に支持されているレチクルRの位置決め等が行われる。

- [0017] 投影光学系30は、レチクルRのパターンを所定の投影倍率 β でウエハWに投影露光するものであって、ウエハW側の先端(下端)部に設けられた光学素子32を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子は鏡筒31で支持される。本実施形態において、投影光学系30は、投影倍率 β が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系30は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。なお、投影光学系30の先端部の光学素子32は、鏡筒31に対して着脱可能に指示される。

投影光学系30の下端に配置される光学素子32は、螢石で形成される。螢石は水との親和性が高いので、光学素子32の液体接触面のほぼ全面に液体Lを密着させることができる。すなわち、光学素子32の液体接触面との親和性が高い液体L(水)を供給するようにしているので、光学素子32の液体接触面と液体Lとの密着性が高く、光学素子32とウエハWとの間を液体Lで確実に満たすことができる。なお、光学素子32は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子32の液体接触面に親水化(親液化)処理を施して、液体Lとの親和性をより高めるようにしてもよい。

- [0018] ウエハステージシステム100は、ウエハWを保持する2つのテーブル(ステージ)を備え、ウエハWをアライメント処理する領域(以下、アライメント領域Aという)と露光処理する領域(以下、露光領域Eという)との間で交互に移動させるように構成されている。

図2、図3は、ウエハステージシステム100の詳細を示す図である。

ウエハステージシステム100は、XY平面の基準面となる定盤101の上面をX方向及びY方向に所定ストロークで駆動される2つのステージ103、104を備える。定盤101の上面とステージ103、104との間には、不図示の非接触ベアリング(エアベアリング)が配置され、浮上支持される。そして、ステージ103、104は、2つのXリニアモータ111、112によってX方向に駆動されるとともに、2つのYリニアモータ121、122によってY方向に駆動される。なお、ステージ103、104は、それぞれ、その上部にウ

エハWを載置するテーブル105, 106を備える。

[0019] Xリニアモータ111, 112は、X方向に略平行に延設された2つの固定子113を共有するとともに、それぞれ固定子113に対応して設けられた一対の可動子114, 115を備える。そして、一対の可動子114は、Y方向に平行に延設されたYガイドバー161により連結される。同様に、一対の可動子115は、Y方向に平行に延設されたYガイドバー162により連結される。したがって、Xリニアモータ111, 112は、それぞれ、Yガイドバー161, 162をX方向に移動可能に構成されるが、固定子113を共有するためお互いにX方向の移動を規制し合う。なお、固定子113は、4つのモータポスト109を介して定盤101に支持される。

Yリニアモータ121, 122は、Y方向に略平行に延設された2つの固定子123を共有するとともに、それぞれ固定子123に対応して設けられた一対の可動子124, 125を備える。そして、一対の可動子124は、X方向に平行に延設されたXガイドバー151により連結される。同様に、一対の可動子125は、X方向に平行に延設されたXガイドバー152により連結される。したがって、Yリニアモータ121, 122は、それぞれ、Xガイドバー151, 152をY方向に移動可能に構成されるが、固定子123を共有するためお互いにY方向の移動を規制し合う。なお、固定子123は、固定子113と同様に、4つのモータポスト109を介して定盤101に支持される。

[0020] Xガイドバー151, 152には、それぞれXガイドバー151, 152に沿ってX方向に平行移動可能に構成されたXガイド153, 154が設けられる。同様に、Yガイドバー161, 162には、それぞれYガイドバー161, 162に沿ってY方向に平行移動可能に構成されたYガイド163, 164が設けられる。なお、Xガイドバー151, 152とXガイド153, 154、及びYガイドバー161, 162とYガイド163, 164は、電磁力により連結される。

そして、Xガイド153, 154のいずれか一方(図2においては、Xガイド153)とYガイド163とがステージ103に連結される。また、他方のXガイド153, 154(図2においては、Xガイド154)とYガイド164とがステージ104に連結される。

以上の構成により、リニアモータ111, 112, 121, 122を駆動することにより、テーブル105, 106(ステージ103, 104)は、直交するX, Y軸に沿って移動可能に構成される。

[0021] また、図3に示すように、直方体状に形成されたステージ103, 104は、Xガイド153, 154及びYガイド163, 164に連結される。そして、ステージ103, 104の上部には、略四角形のテーブル105, 106が配置される。また、テーブル105, 106は、それぞれウェハWを吸着保持するウェハホルダ107, 108を備える。

ステージ103, 104とテーブル105, 106とは、不図示のアクチュエータを介して連結され、アクチュエータを駆動することにより、テーブル105, 106をX方向、Y方向、Z方向、及びこれらの軸(方向)周り方向の6方向(自由度)に微動可能に構成される。なお、アクチュエータは、一つないしは複数の回転モータ、ボイスコイルモータ、リニアモータ、電磁アクチュエータ、あるいは他の類のアクチュエータにより構成することができる。また、X方向、Y方向、Z方向の3自由度に微動可能に構成される場合であってもよい。

そして、ステージ103, 104の側面のうち、Y方向に直交する二面(すなわち、Xガイド153, 154と連結する二面)には、それぞれ不図示の電磁チャックが設けられる。そして、2つの電磁チャックのいずれか一方(或いは両方)を駆動することにより、Xガイド153, 154とステージ103, 104とが脱着可能に連結される。一方、Yガイド163とステージ103、及びYガイド164とステージ104とは、着脱できないように連結される。

そして、各リニアモータ111, 112, 121, 122によるステージ103, 104の所定位置への移動と、2つの電磁チャックによるガイド153, 154, 163, 164とステージ103, 104との着脱と、を組み合わせることで、ステージ103とステージ104との間での位置の入れ替えを可能にしている。複数のステージの位置をこのような方法で入れ替えるステージシステムは、例えば、特願2003-190627号に記載されている。

なお、Xガイド153, 154とステージ103, 104とを脱着するための手段は、電磁チャックに限られるものではなく、例えばエアを用いたチャック機構としてもよい。

[0022] 図2に戻り、ウェハステージシステム100には、テーブル105, 106のそれぞれの2次元位置(X, Y方向)を測定する計測システム180が設けられる。具体的には、テーブル105, 106の上面には、それぞれ、直交する三辺に沿って移動鏡181-186が固定される。

そして、これら移動鏡181-186に対して測長用レーザを投射する4つのレーザ干

渉計191〜194が設けられる。レーザ干渉計191〜194は、X方向或いはY方向に沿って配置される。そして、レーザ干渉計191, 193は、アライメント領域Aに位置するテーブル105, 106の位置測定を行い、レーザ干渉計192, 194は、露光領域Eに位置するテーブル105, 106の位置測定を行う。なお、レーザ干渉計191〜194は、複数の光軸を有する多軸干渉計であり、XY平面の位置測定以外に、X, Y, θ Z軸方向の測定も可能となっている。また、各光軸の出力値は独立に測定できるようになっている。

そして、レーザ干渉計191〜194により、テーブル105, 106のXY平面における距離(位置情報)が測定され、その測定情報は、制御装置50に送られる。そして、制御装置50において、テーブル105, 106のXY平面における位置等が求められる。これにより、テーブル105, 106上に戴置されたウエハWのX, Y方向及び θ Z方向の位置等が高精度に求められる。

なお、テーブル105, 106のZ方向の位置測定のために、テーブル105, 106の下方には、不図示のZ方向測定系が配置される。Z方向の位置測定は、後述する露光領域E及びアライメント領域Aにおいてのみ計測される。

[0023] 図1に戻り、制御装置50は、露光装置EXを統括的に制御するものであり、各種演算及び制御を行う演算部の他、各種情報を記録する記憶部や入出力部等を備える。

そして、例えば、レチクルステージ20及びウエハステージシステム100に設けられたレーザ干渉計22, 191〜194等の検出結果に基づいてレチクルR及びウエハWの位置を制御して、レチクルRに形成されたパターンの像をウエハW上のショット領域に転写する露光動作を繰り返し行う。

[0024] 液体供給装置81及び液体回収装置82は、少なくともレチクルRのパターンの像をウエハW上に転写している間、所定の液体L(水)により投影光学系30の投影領域を含むウエハW上の一部に液浸領域ARを形成するものである。

具体的には、液体供給装置81により、投影光学系30の先端部の光学素子32とウエハWの表面との間に液体Lを満たし、この投影光学系30とウエハWとの間の液体L及び投影光学系30を介してレチクルRのパターンの像をウエハW上に投影し、ウエハWを露光する。同時に、液体回収装置82により、液浸領域ARの液体Lを回収する

ことにより、液浸領域ARの液体Lは常に循環されて、液体Lの汚染防止や温度管理等が厳密に行われる。

そして、液体供給装置81及び液体回収装置82によるウェハW上に対する単位時間あたりの液体供給量及び液体回収量は、制御装置50により制御される。

なお、液体供給装置81及び液体回収装置82を構成する各部材のうち少なくとも液体Lが流通する部材には、例えばポリ四フッ化エチレン等の合成樹脂により形成される。これにより、液体Lに不純物が含まれることを抑制できる。

[0025] 空調系(侵入遮断機構)60は、ウェハステージシステム100の周辺の環境条件(洗浄度、温度、圧力、湿度等)を略一定に維持するための装置であって、その内部空間に投影光学系30の下端とウェハステージシステム100が収容される。

そして、空調系60は、クリーンルーム内の床面に上に設置されたチャンバ61と、チャンバ61に形成された供給口63と排気口64に連結されたダクト62と、チャンバ61内に気体G(空気)を供給する送風機(送風部)65等を備える。なお、ダクト62には、気体G中のパーティクルを除去するエアフィルタAF、化学物質を除去するメミカルフィルタCF、温度及び湿度を調整する温調部66等が設けられる。また、チャンバ61やダクト62等は、ステンレス(SUS)或いはテフロン(登録商標)等の脱ガスの少ない素材から形成される。

そして、制御装置50により、送風機65や温調部66等が制御されることにより、チャンバ61内の気体Gがダクト62を介して循環する際に浄化、温調等されるので、チャンバ61内の環境条件が略一定に維持される。

なお、図1の構成では、ウェハステージシステム100と投影光学系30の下端とがチャンバ61内に収容される構成としたが、これに限定されるものではない。例えば、照明光学系10、レチクルステージ20、投影光学系30、液体供給装置81、液体回収装置82の全てをチャンバ61内に収容してもよいし、それぞれの一部を収容するようにしてもよい。

[0026] ここで、図4は、空調系60を示す平面図である。

供給口63は、チャンバ61におけるアライメント領域A側の側壁(−Y側)に設けられる。一方、排気口64は露光領域E側の側壁(+Y側)に設けられる。すなわち、供給

口63と排気口64とは、その間にアライメント領域Aと露光領域Eとが位置するように、対向配置される。したがって、空調系60を作動させた際には、チャンバ61内の気体Gが、常にアライメント領域A側から露光領域E側に向かって流れるように構成される。

なお、図1では省略されているが、照明光学系10及び投影光学系30は、それぞれ内部空間が不活性ガス(例えば窒素、ヘリウム等)でパージされ、また、レチクルステージ20も不図示のチャンバ内に收容されて、洗浄度等が極めて良好に維持される。

[0027] 続いて、上述した露光装置EXを用いてレチクルRのパターンの像をウエハWに露光する方法について説明する。なお、テーブル105, 106が図1に示すように配置され、テーブル105上のウエハホルダ107にアライメント処理が完了したウエハWが戴置されており、一方、テーブル106上のウエハホルダ108にはウエハWが戴置されていないものとする。

[0028] まず、制御装置50の指令により、Xリニアモータ111及びYリニアモータ121を駆動して、ウエハWを戴置するステージ103(テーブル105)を露光領域Eに移動させる。そして、露光領域Eにおいては、レーザ干渉計191, 193からテーブル105上に配置された移動鏡181, 182に向けて測長用レーザが投射され、ウエハWをファーストショット(第1番目のショット領域)の露光のための加速開始位置(走査開始位置)に移動させる。

次に、制御装置50は、液体供給装置81を動作させて、ウエハW上に対する液体供給動作を開始する。液体供給装置81を動作させると、液体LがウエハW上に供給され、投影光学系30とウエハWとの間の領域を液体Lで満たし、液浸領域ARを形成する。そして、液浸領域ARを形成した後は、液体回収装置82も動作させて、液体Lの供給量と回収量とが略同一或いは供給量が回収量をやや上回る程度に設定して、その状態を維持する。このようにして、露光開始時には、液浸領域ARが液体Lで満たされる。

そして、各種の露光条件が設定された後に、レチクルステージ20及びステージ103とのY軸方向の走査を開始させ、レチクルステージ20、ステージ103がそれぞれの目標走査速度に達すると、露光光ELによってレチクルRのパターン領域が照射され、

走査露光が開始される。そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が露光光E Lで逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上のファーストショット領域に対する走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンが投影光学系30及び液体Lを介してウエハW上のファーストショット領域のレジスト層に縮小転写される。

このファーストショット領域に対する走査露光が終了すると、制御装置50は、ウエハWをX, Y軸方向にステップ移動させて、セカンドショット領域の露光のための加速開始位置に移動させる。すなわち、ショット間ステッピング動作が行われる。そして、セカンドショット領域に対して上述したような走査露光を行う。

このようにして、ウエハWのショット領域の走査露光と次ショット領域の露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の全ての露光対象ショット領域にレチクルRのパターンが順次転写される。

そして、ウエハWの露光処理が完了すると、液体供給装置81の動作を停止し、かつ液体回収装置82による液体Lの回収量を増やして、液浸領域ARの全ての液体Lを回収する。

[0029] 一方、ウエハWが戴置されていないステージ104(テーブル106)には、不図示のウエハ搬送装置により、ウエハWが戴置され、ウエハホルダ108によって吸着保持する。そして、ウエハWを保持したステージ104がアライメント領域Aに移動する。

続いて、アライメント領域Aにおいて、制御装置50の管理の下で、アライメントセンサ70等を用いたウエハWのアライメント(エンハンスド・グローバル・アライメント(EGA)等)が行われ、ウエハW上の複数のショット領域の配列座標が求められる。

なお、アライメント領域Aにおいては、レーザ干渉計192, 194からテーブル106上に配置された移動鏡185, 186に向けて測長用レーザが投射され、テーブル106の位置が高精度に測定される。

[0030] このように、テーブル105上に戴置されたウエハWを露光処理する工程と、テーブル106上にウエハWを戴置してアライメント処理する工程とが、独立かつ同時に実行される。ただし、例えば、露光処理に伴うステージ103(テーブル105)のXY方向への移動により、ステージ104(テーブル106)の移動(或いはアライメント処理)が制限

(中断)される場合もある。

そして、テーブル105上のウェハWの露光処理、及びテーブル106上のウェハWのアライメント処理が完了すると、テーブル105(ステージ103)が露光領域Eからアライメント領域Aに移動し、一方、テーブル106(ステージ104)がアライメント領域Aから露光領域Eに移動する。

そして、テーブル106(ステージ104)上に載置されたウェハWの露光処理が開始される。一方、テーブル105上に載置されたウェハWはウェハ搬送装置によりアンロードされ、更にテーブル105上には新たなウェハWがロードされ、新たなウェハWのアライメント処理が開始される。

このように、ステージ103(テーブル105)とステージ104(テーブル106)とを露光領域Eとアライメント領域Aとの間で交互に行き来させることにより、複数枚のウェハWの露光処理が高スループットに行われる。

[0031] ところで、露光処理及びアライメント処理が行われている際には、空調系60によって、チャンバ61内の気体Gが常にアライメント領域Aから露光領域Eに向けて流れている。このため、液浸領域ARを形成することに伴って湿度が上昇した露光領域Eの周辺の気体Gが、アライメント領域Aの周辺に流れることなくチャンバ61外に排出される。また、テーブル103, 104(ステージ105, 106)が露光領域Eからアライメント領域Aに移動する際には、それぞれのテーブル103, 104上に形成された液浸領域ARの液体Lは回収され、更に乾燥処理が施されるので、テーブル103, 104の移動に伴うアライメント領域Aへの液体Lの侵入が防止される。したがって、アライメント領域Aの周辺の環境条件が常に一定に維持される。

このように、本発明の露光装置EXによれば、湿度が変動しやすい露光領域Eの周辺の気体Gがアライメント領域Aに侵入しないので、アライメント領域Aにおけるレーザ干渉計192, 194によるウェハWの位置計測を正確に行うことができる。これにより、ウェハWのアライメント精度が向上し、露光領域におけるパターンの露光を良好に行うことが可能となる。

[0032] 次に、空調系60の変形例について説明する。

上述した実施形態では、チャンバ61に形成した供給口63と排気口64を対向する

側壁に設けたが、これに限らない。例えば、図5に示すように、同一側壁に供給口63と排気口64を形成することも可能である。更に、アライメント領域Aと露光領域Eとの間に遮蔽板(遮蔽部)67を設けることにより、チャンバ61内の気体Gがアライメント領域Aから露光領域Eに向けて流れる流路を形成してもよい。

なお、遮蔽板67は、有形物に限らず、エアーカーテン68であってもよい。エアーカーテン68の場合には、複雑な形状のウェハステージシステム100であっても、アライメント領域Aと露光領域Eとを確実に分断することができるので、気体Gの漏れが殆どなくなる。また、遮蔽板67を設けた場合のように、ウェハステージシステム100の形状等を制約してしまうことがないという利点がある。

[0033] また、供給口63と排気口64とを複数設けてもよい。例えば、図6Aのように排気口64を2つ設けたり、図6Bのように供給口63と排気口64とをそれぞれ2つ設けたりして、チャンバ61内の気体Gがアライメント領域Aから露光領域Eに向けて流れる流路を形成する。この場合においても、アライメント領域Aと露光領域Eとの間に遮蔽板67やエアーカーテン68を設けることが好ましい。図6Bの構成においては、露光領域Eに気体を供給する供給口と、計測領域Aに気体を供給する供給口とがそれぞれの領域に対して個別に設けられているので、各供給口から供給される気体の特性(流量、湿度、温度、成分及びその濃度等)が互いに異なるように設定してもよい。

[0034] また、上述した実施形態では、アライメント領域AのウェハWの位置を計測するレーザ干渉計192, 194への湿度の影響を排除することについて説明したが、露光領域EのウェハWの位置を計測するレーザ干渉計191, 193への湿度の影響を排除することも勿論重要である。

例えば、図7に示すように、露光領域Eの周辺にノズル状の排気口69を配置することにより、湿度が上昇した気体GLがチャンバ61内に拡散することを防止してもよい。排気口69は、図示していない真空源等に接続されており、露光領域E(液浸領域AR)の周辺に存在する湿度が高くなった気体は、この排気口69から吸引されてチャンバ61の外部に排出される。これにより、レーザ干渉計191-194への影響を排除することができるとともに、チャンバ61内の電気配線や光学素子への悪影響(例えば、結露による漏電や光学特性の劣化)を防止することも可能となる。

[0035] また、上述した実施形態では、2つのテーブル103, 104(ステージ105, 106)が露光領域Eとアライメント領域Aとを交互に移動する場合について説明したが、例えば、テーブルが1つの場合や3つ以上の場合であってもよい。また、露光領域Eとアライメント領域Aの他に、レーザ干渉計による位置計測が行われる他の領域があってもよい。この場合であっても、露光領域Eの周辺の気体Gが、他の領域に侵入しないようにすることが望ましい。

[0036] なお、上述した実施の形態において示した動作手順、あるいは各構成部材の諸形状や組み合わせ等は一例であって、本発明の主旨から逸脱しない範囲においてプロセス条件や設計要求等に基づき種々変更可能である。本発明は、例えば以下のような変更をも含むものとする。

[0037] 上述したように、本実施形態においては、露光光ELとしてArFエキシマレーザ光を用いているため、液浸露光用の液体として純水が供給される。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、ウエハW上のフォトリソットや光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、ウエハWの表面、及び投影光学系30の先端面に設けられている光学素子32の表面を洗浄する作用も期待できる。

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水(水)の屈折率 n はほぼ1.44といわれている。露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光(波長193nm)を用いた場合には、ウエハW上では $1/n$ 、すなわち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約1.44倍に拡大される。

また、液体Lとしては、その他にも露光光ELに対する透過性がある、できるだけ屈折率が高く、投影光学系30やウエハWの表面に塗布されているフォトリソットに対して安定なものを用いることも可能である。

露光光ELとしてF2レーザ光を用いる場合には、液体LとしてF2レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル(PFPE)等のフッ素系の液体を用いればよい。この場合、液体Lと接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理することが望ましい。

[0038] また、ウェハWとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウェハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウェハ等が適用される。

[0039] 露光装置EXとしては、レチクルとウェハとを同期移動してレチクルのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキャニングステッパ)の他に、レチクルとウェハとを静止した状態でレチクルのパターンを一括露光し、ウェハを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパ)にも適用することができる。

例えば、倍率1/8の屈折系の光学系を備えた液浸型ステッパとしてもよい。この場合、大面積のチップを一括露光できないので、大面積のチップではスティッチング(ステップ・アンド・スティッチ)方式を採用してもよい。

[0040] なお、ツインステージ型露光装置の構成は本実施例のタイプに限定されるものではない。例えば、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報及びこれらに対応する米国特許6,400,441号と、特表2000-505958号公報及びこれに対応する米国特許5,699,441号及び米国特許6,262,796号に記載されている。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報または米国特許における開示を援用して本明細書の一部とする。

[0041] 露光装置EXの種類としては、ウェハに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

[0042] また、ウェハステージやレチクルステージにリニアモータを用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもいい。また、ステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもいいし、ガイドを設けないガイドレスタイプでもよい。さらに、ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニット(永久磁石)と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側(ベース)に設ければよい。

- [0043] ウエハステージの移動により発生する反力は、投影光学系に伝わらないように、特開平8-166475号公報及びこれに対応する米国特許5, 528, 118号に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃かすようにしてもよい。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報または米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。
- [0044] レチクル(マスク)ステージの移動により発生する反力は、投影光学系に伝わらないように、特開平8-330224号公報及びこれに対応する米国特許5, 874, 820号に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床(大地)に逃がすようにしてもよい。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報または米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。
- [0045] なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系30の開口数NAが0.9〜1.3になることもある。このように投影光学系30の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、レチクルのライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、レチクルRのパターンからは、S偏光成分(ラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分)の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系30とウエハW表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系30とウエハ表面に塗布されたレジストとの間が気体G(空気)で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系30の開口数NAが1.0を超えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平6-188169号に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法(特にダイポール照明法)などを適宜組み合わせるとより効果的である。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報における開示を援用して本明細書の一部とする。

また、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系30を使って、微細なライン・アンド・スペースパターン(例えば20〜25nm程度のL/S)をウエハ上に露光するような場合、レチクルの構造(例えばパターンの微細度やクロムの厚み)によっては、Wave guide効果によりレチクルが偏光板として作用し、コントラストを低下させるP偏光成分(TM偏光成分)の回折光よりS偏光成分(TM偏光成分)の回折光が多くレチクルから射出されるようになる。この場合も、上述したような直線偏光照明を用いるのが望ましいが、ランダム偏光光でレチクルを照明しても、開口数NAが0.9〜1.3のように大きい投影光学系を使って高い解像性能を得ることができる。

また、レチクル上の極微細なライン・アンド・スペースパターンをウエハ上に露光するような場合には、Wave guide効果によりP偏光成分(TM偏光成分)がS偏光成分(TM偏光成分)よりも大きくなる可能性があるが、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系を使って、25nmより大きいライン・アンド・スペースパターンをウエハ上に露光するような条件であれば、S偏光成分(TM偏光成分)の回折光がP偏光成分(TM偏光成分)の回折光よりも多くレチクルから射出されるので、投影光学系の開口数NAが0.9〜1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

更に、レチクルのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明(S偏光照明)だけでなく、光軸を中心とした円の接線(周)方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組合せも効果的である。特に、レチクルのパターンが所定の一定方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方法に延びるラインパターンが混在する場合には、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

また、上述の実施形態では、投影光学系と基板との間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、ステージ上に所定深さの液体槽を形成しその中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。露光対象の基板を保持したステ

ージを液槽の中で移動させる液浸露光装置の構造及び露光動作については、例えば、特開平6-124873号公報に、ステージ上に所定深さの液体槽を形成してその中に基板を保持する液浸露光装置については、例えば特開平10-303114号公報や米国特許第5, 825, 043号にそれぞれ開示されている。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記公報または米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系の終端光学部材の射出側の光路空間を液体(純水)で満たしてウエハWを露光する構成になっているが、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているように、投影光学系の終端光学部材の入射側の光路空間も液体(純水)で満たすようにしてもよい。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記パンフレットにおける開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン(または位相パターン・減光パターン)を形成した光透過型マスク、あるいは光反射性の基板上に所定の反射パターン光反射型マスクを用いたが、それらに限定されるものではない。例えば、そのようなマスクに代えて、露光すべきパターンの電子データに基づいて透過パターンまたは反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスク(光学系の一種とする)を用いるようにしても良い。このような電子マスクは、例えば米国特許第6, 778, 257号公報に開示されている。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。なお、上述の電子マスクとは、非発光型画像表示素子と自発光型画像表示素子との双方を含む概念である。

また、例えば、2光束干渉露光と呼ばれているような、複数の光束の干渉によって生じる干渉縞を基板に露光するような露光装置にも適用することができる。そのような露光方法及び露光装置は、例えば、国際公開第01/35168号パンフレットに開示されている。本国際出願で指定した指定国(又は選択した選択国)の国内法令で許される限りにおいて、上記パンフレットにおける開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

[0046] また、本発明が適用される露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

[0047] また、半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図8に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

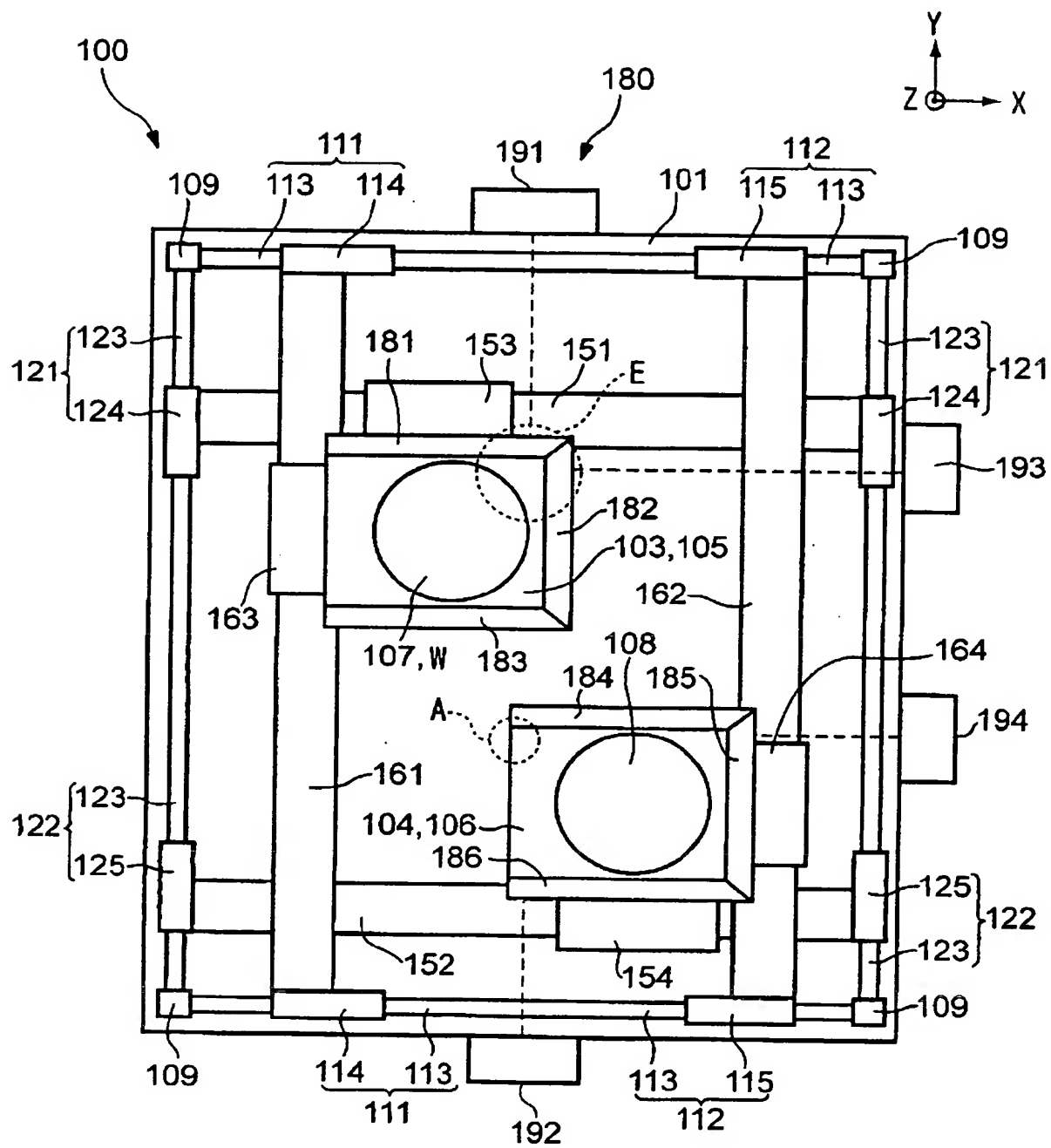
請求の範囲

- [1] 光学系と液体とを介して基板に露光光を照射する露光領域と、露光に先立って前記基板の位置に関する情報を取得する計測領域と、を有し、前記露光領域と前記計測領域との間で前記基板を移動させて、前記基板の露光を行う露光装置であって、前記露光領域の周辺の気体が前記計測領域に侵入することを防止する侵入遮断機構を備えることを特徴とする露光装置。
- [2] 前記侵入遮断機構は、前記露光装置に設けられた空調系であることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [3] 前記空調系は、露光領域と前記計測領域とを含むチャンバと、前記チャンバ内の気体を前記計測領域から前記露光領域に向けて流す送風部を備えることを特徴とする請求項2に記載の露光装置。
- [4] 前記送風部は、前記計測領域側に形成された給気口と、前記露光領域側に形成された排気口とを備えることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。
- [5] 前記空調系は、前記露光領域と前記計測領域との間に、気体の通過を防止する遮断部を備えることを特徴とする請求項2から請求項4のうちいずれか一項に記載の露光装置。
- [6] 前記遮断部は、エアーカーテンであることを特徴とする請求項5に記載の露光装置。
- [7] 前記露光領域と前記計測領域のそれぞれに、給気口と排気口が形成されることを特徴とする請求項2から請求項6のうちいずれか一項に記載の露光装置。
- [8] 前記侵入遮断機構は、前記露光領域の気体を吸引する吸引機構を備えることを特徴とする請求項1に記載の露光装置。
- [9] 光学系と液体とを介して基板に露光光を照射する露光領域と、露光に先立って前記基板の位置に関する情報を取得する計測領域と、を有し、前記露光領域と前記計測領域との間で前記基板を移動させて、前記基板の露光を行う露光装置であって、前記露光領域と前記計測領域のそれぞれに対して個別に気体を供給する給気部を備えることを特徴とする露光装置。
- [10] 前記露光領域に供給される気体と前記計測領域に供給される気体の特性が互い

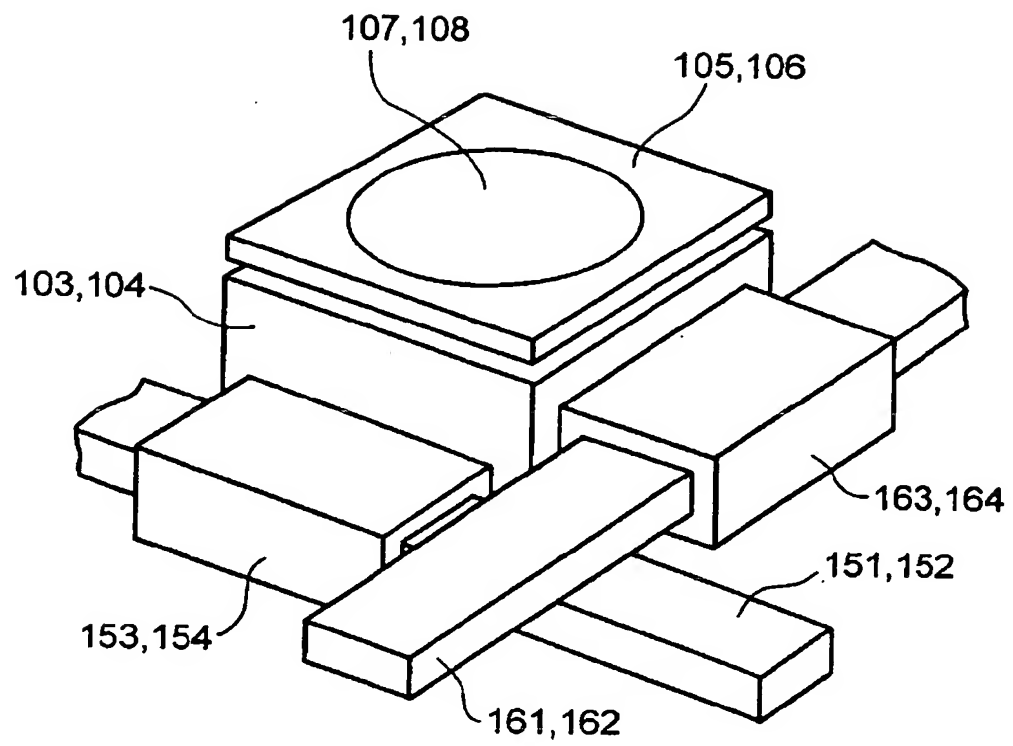
に異なることを特徴とする請求項9に記載の露光装置。

- [11] 光学系と液体とを介して基板に露光光を照射する露光領域と、露光に先立って前記基板の位置に関する情報を取得する計測領域と、を有し、前記露光領域と前記計測領域との間で前記基板を移動させて、前記基板の露光を行う露光装置であって、前記露光領域と前記計測領域の少なくとも一方に対して気体を供給する給気部と、
- 前記露光領域周辺の気体と前記計測領域周辺の気体とをそれぞれ独立して排出する排気部とを備えることを特徴とする露光装置。
- [12] 前記露光領域と前記計測領域との間に、前記露光領域の周辺の気体が前記計測領域に侵入することを防止する侵入遮断機構をさらに備えることを特徴とする請求項9から請求項11のうちいずれか一項に記載の露光装置。
- [13] リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法であって、前記リソグラフィ工程において請求項1から請求項12のうちいずれか一項に記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイスの製造方法。

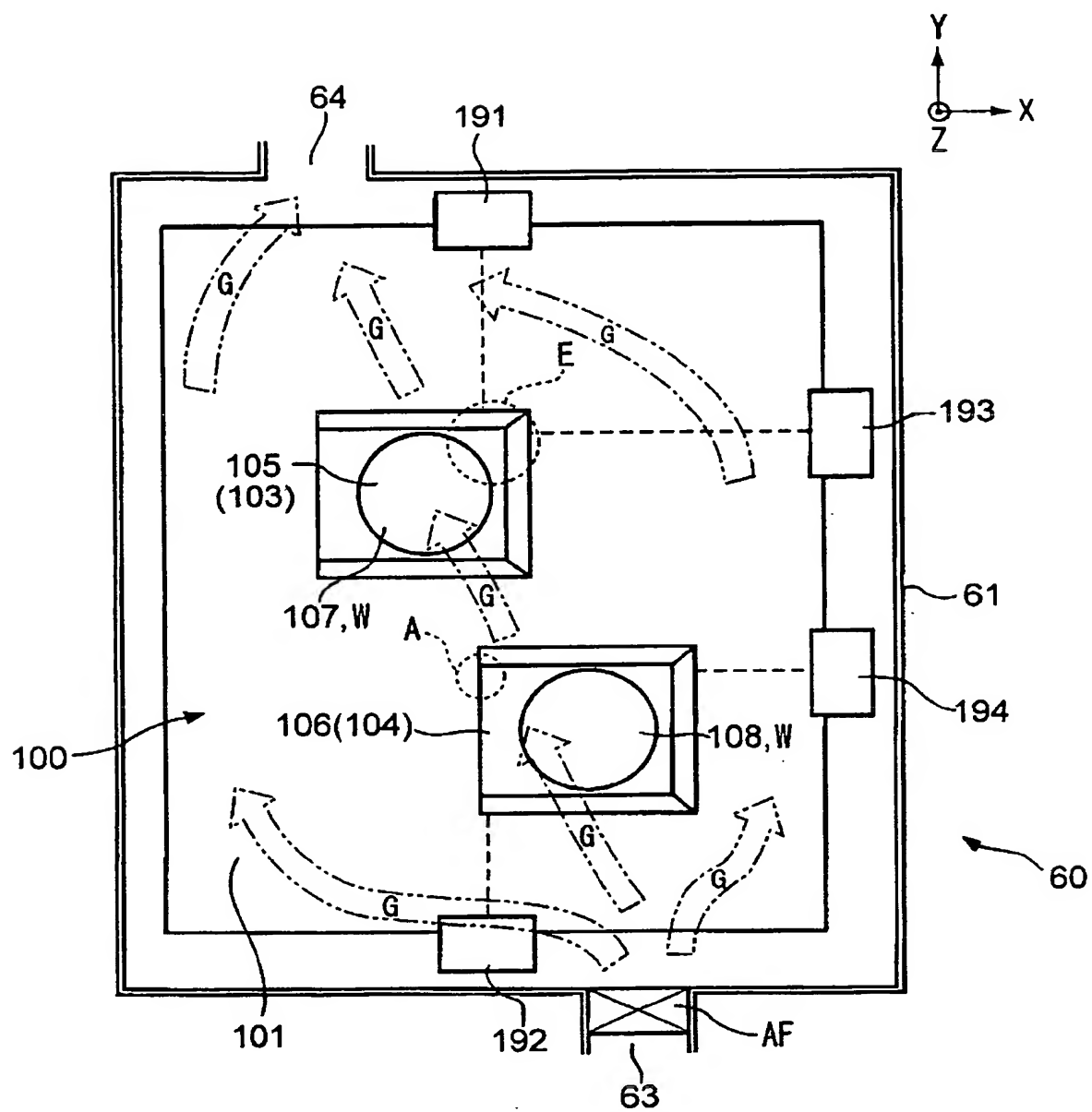
[図2]



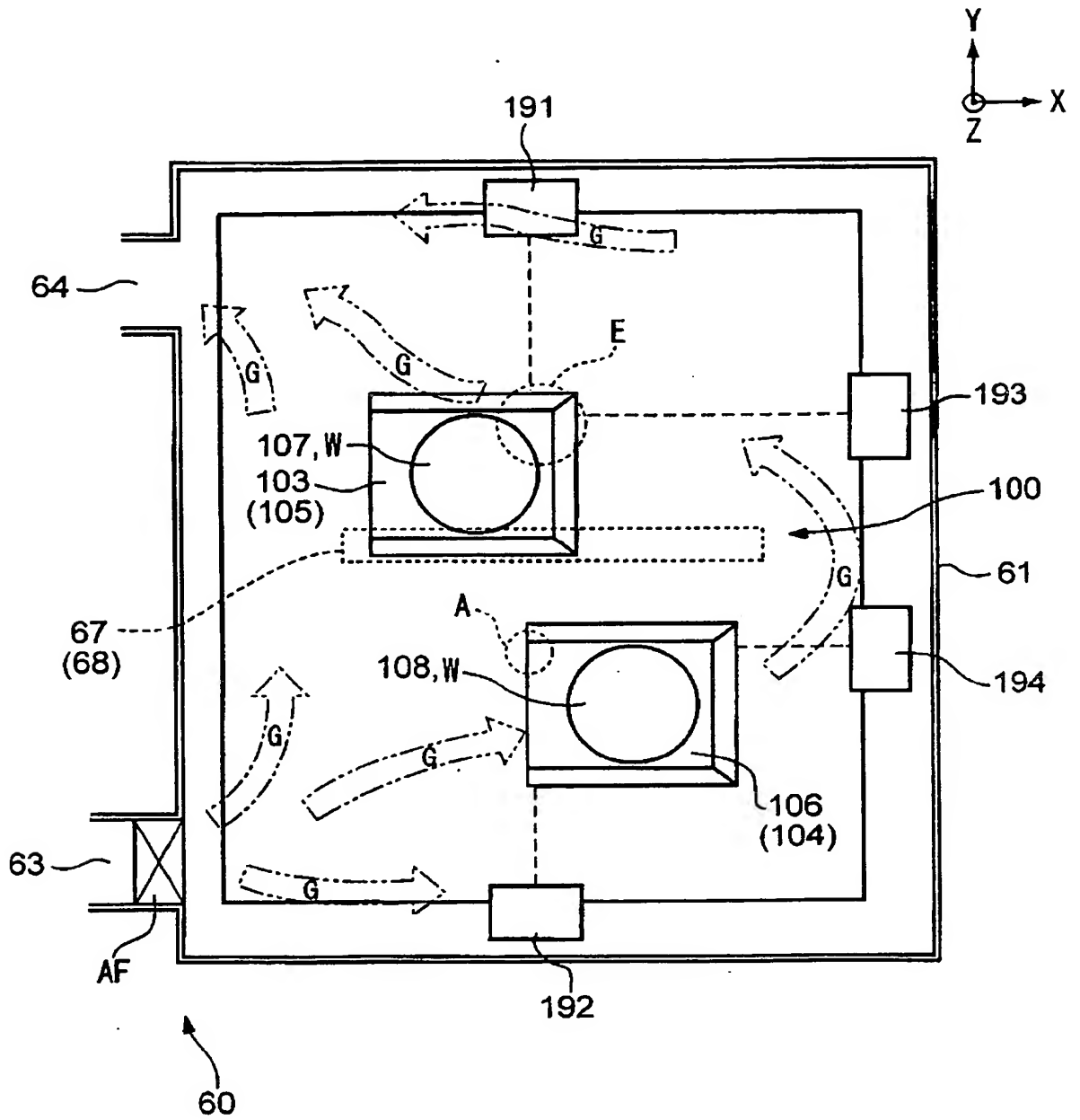
[図3]



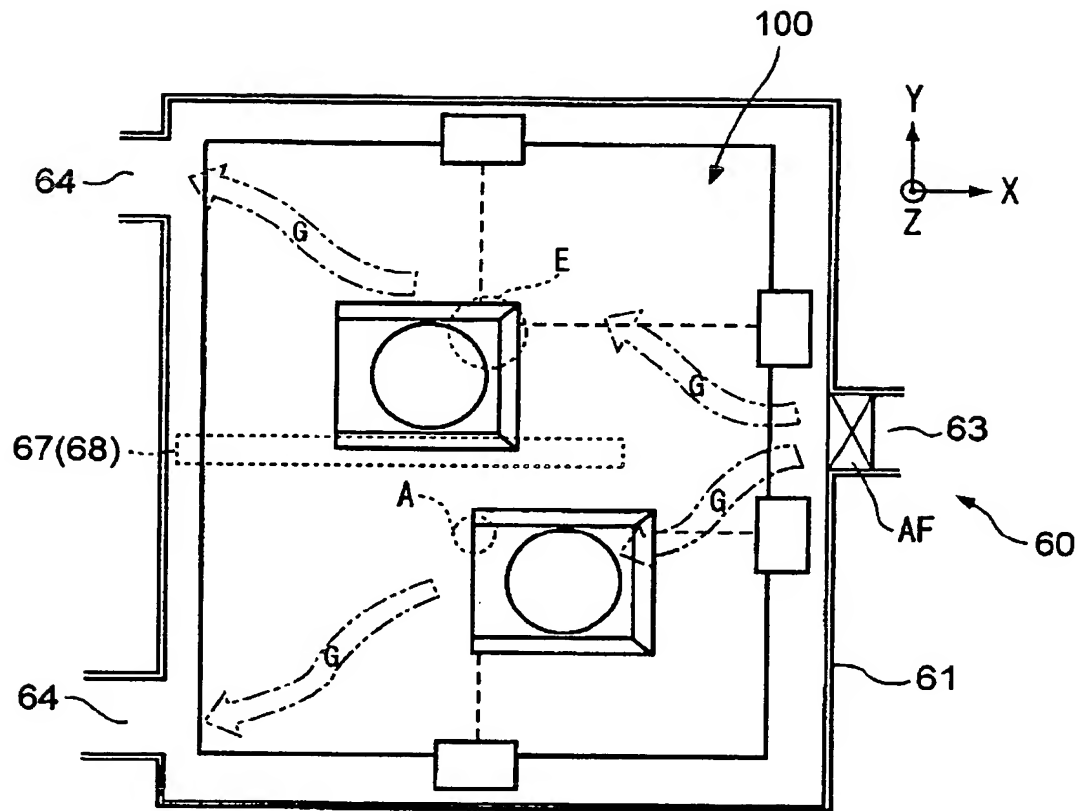
[図4]



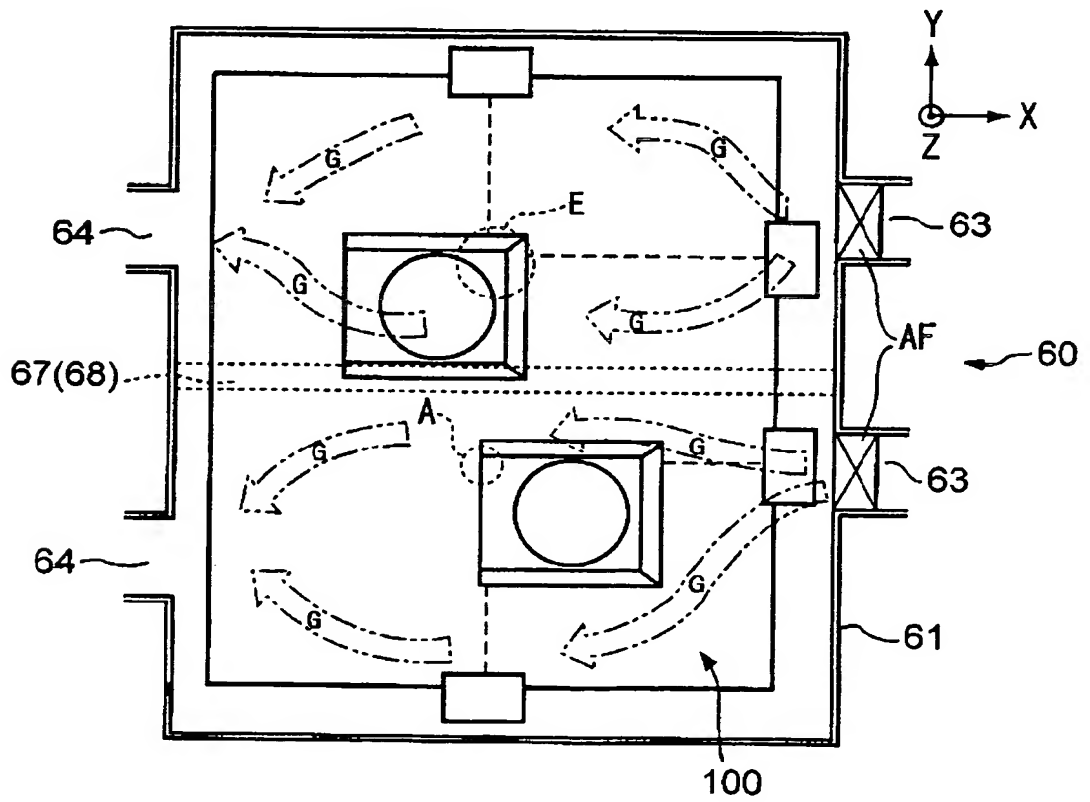
[[5]]



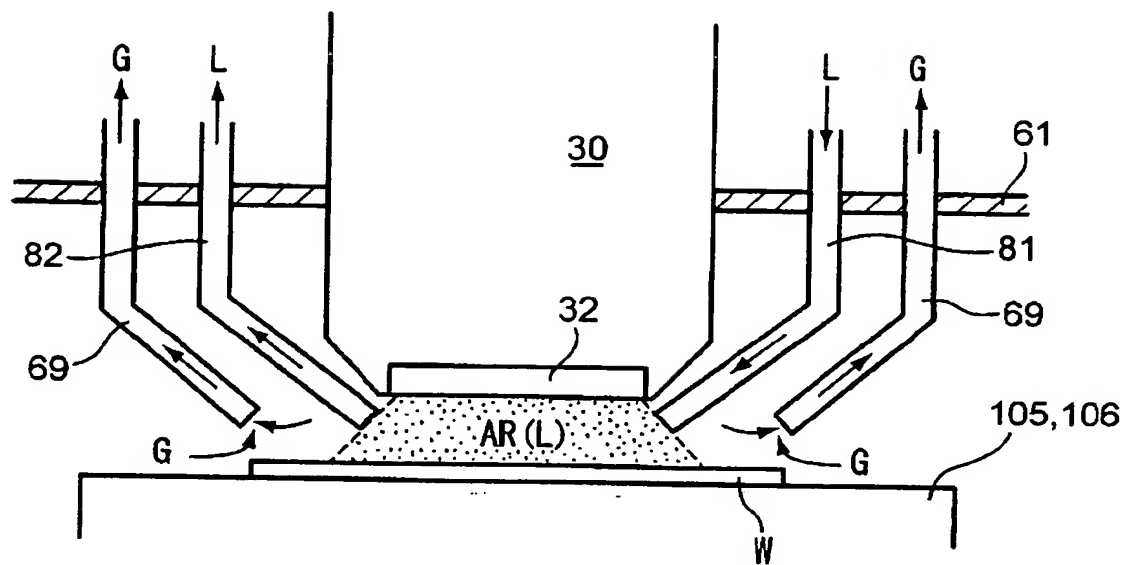
[図6A]



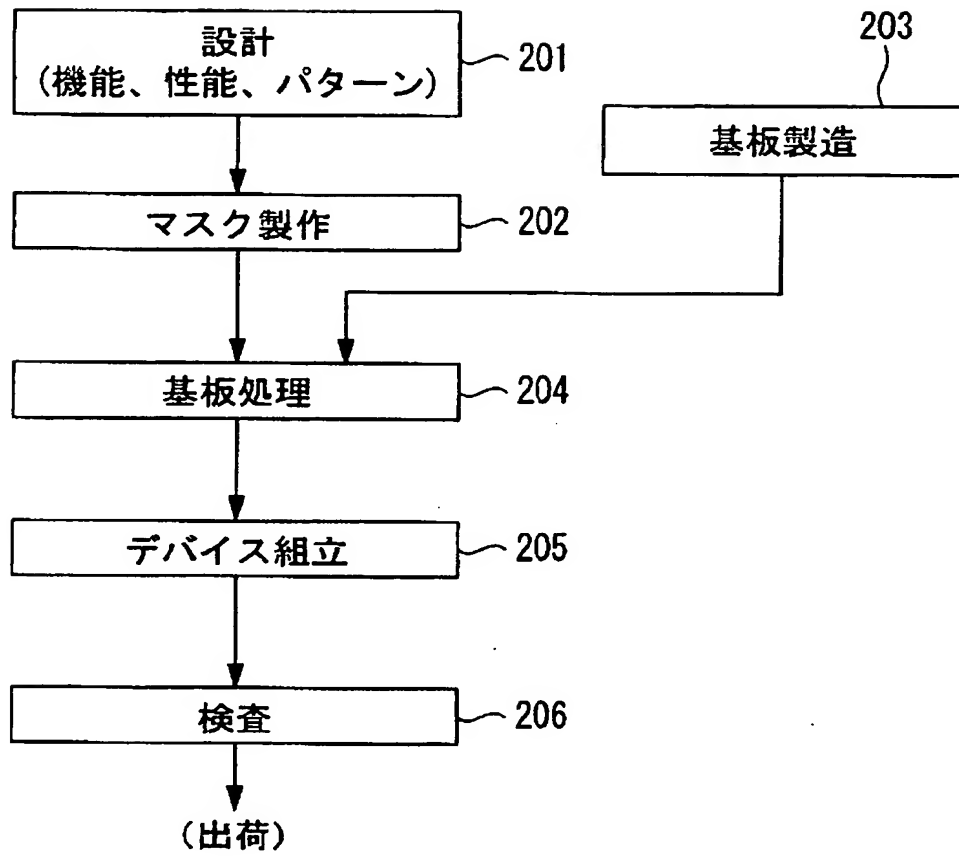
[図6B]



[図7]



[図8]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.